



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 18 317 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
F 02 B 37/04
F 02 B 37/14

②1 Aktenzeichen: 195 18 317.7
②2 Anmeldetag: 18. 5. 95
④3 Offenlegungstag: 21. 11. 96

DE 195 18 317 A 1

⑦1 Anmelder:
Huber, Gerhard, Dr.-Ing., 88142 Wasserburg, DE;
Reckerth, Hugo, 70567 Stuttgart, DE

⑦4 Vertreter:
Riebling, P., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 88131
Lindau

⑦2 Erfinder:
Bauknecht, Günter, Dipl.-Ing., 89073 Ulm, DE; Huber,
Gerhard, Dr.-Ing., 88142 Wasserburg, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 35 39 782 A1
EP 03 67 406 A2
EP 01 78 534 A1

JP 62-93430 A., In: Patents Abstracts of Japan,
M-629, Oct. 2, 1987, Vol.11, No.302;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Betrieb eines elektrisch unterstützten Turboladers

⑤7 Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Betrieb eines elektrisch unterstützten Turboladers für eine Verbrennungsmaschine unter Verwendung eines Elektromotors, wobei der Antrieb des Elektromotors in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern geregelt wird. Als Eingangsgrößen können hierbei der Ladedruck, die Drehzahl der Verbrennungsmaschine, die Gaspedalstellung, ein Motorbrems-signal eines Schalters, ein Anlassersignal, die Zusammensetzung der Abgase und/oder verschiedene Umweltparameter verwendet werden.

DE 195 18 317 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 96 602 047/333

16/25

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Betrieb eines elektrisch unterstützten Turboladers und eine hierzu gehörende Vorrichtung.

Aus der DE 22 06 450 ist ein ähnliches Verfahren der eingangs genannten Art bekannt geworden, bei dem ein Verbrennungsmotor mit einem Abgasturbolader gekoppelt und drehfest auf der Verbindungswelle zwischen dem Verdichter und der Turbine ein Elektromotor angeordnet ist.

Mit diesem bekannten Verfahren kann die Drehzahl des Turboladers im gesamten Motorkennfeld des Verbrennungsmotors konstant gehalten werden. Es wird hierzu ein hochtouriger Elektromotor mit einer Tourenzahl im Bereich zwischen 60.000 und 80.000 1/min. verwendet, der entweder seitlich von der Achse des Turboladers in der Verlängerung oder auf der Achse selbst zwischen dem Verdichter und der Turbine angeordnet ist. Der Elektromotor wird hierbei von einem elektrischen Speicher, z. B. der Fahrzeugbatterie, angetrieben.

Der dort beschriebene regelbare Elektromotor soll die Drehzahl des Turboladers im gesamten Motorkennfeld der Verbrennungsmaschine konstant halten.

Damit besteht aber der Nachteil, daß der Turbolader nicht optimal arbeitet, denn ein instationäres Betreiben eines Verbrennungsmotors erfordert eine angepaßte Laderdrehzahl.

Es gelingt also nicht, den Verbrennungsmotor optimal zu betreiben; seine spezifische Leistung ist verschlechtert, der Brennstoffverbrauch erhöht, und die Abgaswerte sind schlechter.

Im übrigen ist bei dem bekannten Verfahren der motorische Bremsbetrieb des Verbrennungsmotors (Motorbremse) nicht beschrieben und spezifische Betriebsweisen des Laders (z. B. Anlassen und dgl.) sind dort nicht beschrieben.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß die Verbrennungsmaschine mit wesentlich verbessertem Wirkungsgrad in allen Betriebszuständen betrieben werden kann.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist die Erfindung durch das Verfahren nach dem Gegenstand des Anspruchs 1 gekennzeichnet und im übrigen durch die weiteren Vorrichtungsansprüche.

Wesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung ist demgemäß, daß der Elektromotor nun nicht drehzahlkonstant gefahren wird, sondern nach der Erfindung wird der Elektromotor in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern geregelt. Hierbei wird es bevorzugt, wenn der Elektromotor in Abhängigkeit vom Ladedruck des Verdichters geregelt wird.

Damit besteht der wesentliche Vorteil, daß nun auf die spezifischen Betriebszustände der Verbrennungsmaschine besser Rücksicht genommen und diese in die Betriebsweise des Elektromotors mit einbezogen werden können.

Die ladedruckabhängige Regelung ermöglicht eine Ausbeute von Drehmoment und Leistung der Verbrennungsmaschine, sowohl im stationären als auch im instationären Betrieb, die durch bekannte technische Verfahren heutzutage nicht möglich sind.

Dies bedeutet, daß der Verbrennungsmotor bei gleicher Leistung kleiner gebaut werden kann und damit die gesamte Fahrzeugkonzeption wirtschaftlicher wird, z. B. die Nutzkraft bei gleichbleibender Leistung der Verbrennungsmaschine erhöht werden kann oder bei

gleichem Komfort- und Sicherheitsstandard beispielsweise für Personenbeförderungsfahrzeuge kleinere, leichtere und damit wirtschaftliche Fahrzeuge geschaffen werden können.

Derartige Fahrzeuge erzeugen wesentlich weniger Emissionen und benötigen weniger Treibstoff. Es handelt sich also um eine Konzeption, welche für die zukünftigen Umweltschutzanforderungen geschaffen ist und die nun erstmals strengen Umweltschutzanforderungen entspricht, wie es vorher mit den bisher bekannten Konzeptionen nicht erfüllbar war.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, daß die ladedruckabhängige Regelung dadurch verwirklicht wird, daß im Verbindungstrakt zwischen dem Verdichter und dem Einlaßtrakt der Verbrennungsmaschine mindestens ein Drucksensor vorhanden ist, welcher den Ladedruck erfaßt und einer elektronischen Regelung zuführt. In diesem Regler ist elektronisch ein Kennfeld abgelegt, in dem, bezogen auf bestimmte Fahrzustände, wie z. B. Anfahren, Beschleunigen, Bremsen, Bergfahrt, Leerlauf, jeweils die für den Verbrennungsmotor optimale, für den Ladedruck optimale Sollwert festgelegt ist. Diese Kurven sind die Sollwertvorgabe für den Regler.

Beispielsweise kann damit auch ein Problem gelöst werden, was heutzutage häufig auftritt. Wenn nämlich ein Nutzfahrzeug über Paßstraßen fährt und mit einer erheblichen Leistungseinbuße aufgrund des sich verminderten Luftdruckes gerichtet werden muß, kann diesem Leistungsverlust durch entsprechende Nachstellung des Regelverhaltens Rechnung getragen werden.

Damit wird ein adaptiver Regler vorgeschlagen, der in Abhängigkeit von bestimmten Einflußfaktoren, zu denen auch Umwelteinflüsse gehören können, sein Regelverhalten verändert.

Selbstverständlich können auch andere Faktoren, wie z. B. die Außentemperatur oder dergleichen, mit einbezogen werden.

Der Ausgang des Reglers ist nun über ein entsprechendes Leitungsbündel mit dem Elektromotor verbunden, welcher Elektromotor bevorzugt drehfest auf der Verbindungswelle zwischen der Turbine und dem Verdichter angeordnet ist.

Der Elektromotor wird dann von dem Regler angesteuert und entsprechend der Vorgabewerte und Randbedingungen mit einem Strom versorgt, der die Drehzahl des Elektromotors vorgibt.

Insgesamt ergibt sich durch die Anpassung des auf den Turbolader wirkenden Elektromotors eine höhere Leistung, eine bessere Anpassung an die Lastzustände der Verbrennungsmaschine sowie an weitere Randbedingungen und eine bessere Kraftstoffausnutzung.

Wesentlich ist weiterhin, daß dieser Motor nicht nur im Motorbetrieb, sondern auch im Generatorbetrieb betrieben werden kann. Der Generatorbetrieb setzt dann ein, wenn beispielsweise im stationären Zustand die Turbine Überschußleistung erzeugt. Eine derartige Überschußleistung wird nach dem Stand der Technik über ein Beipañventil ungenutzt an der Turbine vorbeigeleitet. Nach der vorliegenden Erfindung wird mit dieser Überschußenergie der Motor angetrieben, so daß er als Generator arbeitet und entsprechend in das Bordnetz zurückspeist.

In einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung — für die selbständiger Schutz unabhängig von dem vorgenannten Ladedruckverfahren beansprucht wird — ist vorgesehen, daß mit der Verbrennungsmaschine ein Wellengenerator verbunden ist.

Bei diesem Antriebskonzept sind also zwei unterschiedliche Motor/Generator-Aggregate verwendet. Das eine Motor/Generator-Aggregat ist, wie vorher beschrieben, drehfest auf der Welle zwischen dem Verdichter und der Turbine angeordnet bzw. auf geeignete Weise mit dieser Welle verbunden, während das andere Motor/Generator-Aggregat (im folgenden als Wellengenerator bezeichnet) mit der Kurbelwelle entweder über ein mechanisches Getriebe oder über ein Riemengetriebe gekoppelt ist.

Wenn z. B. im stationären Betrieb der Turbine Überschußleistung vorhanden ist, dann ist diese geeignet, den Elektromotor als Generator zu betreiben und dieser liefert nun Leistung in das Bordnetz. Diese Leistung wird aus dem Bordnetz entnommen und dem vorher erwähnten Wellengenerator zugeführt wird, welcher dann als Motor arbeitet und unmittelbar auf die Kurbelwelle der Verbrennungsmaschine arbeitet.

Das Prinzip eines Wellengenerators beruht darauf, daß in der Regel kein stillstehendes Erregerfeld, sondern ein sich relativ zum Läufer bewegendes Erregerfeld verwendet wird. Falls also das Erregerfeld der Bewegung des Läufers vorausseilt (Vorlauf), wird dieser vom Wellengenerator angetrieben; falls das Erregerfeld der Bewegung des Läufers nacheilt, wird dem Läufer Energie entzogen. Die wirksame Frequenz ergibt sich dann als Differenz zwischen den Rotationsgeschwindigkeiten des Erregerfeldes und des Läufers. Die Umlaufgeschwindigkeit des Erregerfeldes wird hierbei auch als Erregerfrequenz bezeichnet.

Bei Vorlauf wird Energie aus dem Bordnetz zugeführt, bei Nacheilen wird Energie in das Bordnetz eingespeist. Diese Zufuhr oder dieses Einspeisen erfolgen selbsttätig aufgrund der Relativbewegung zwischen Läufer und Erregerfeld; Schalter, Schaltungen oder andere Bauteile sind nicht erforderlich.

Im Grenzfall, nämlich bei stehendem Erregerfeld, liegt der Fall des konventionellen Synchronmotors vor.

Wesentlicher Vorteil dieser Ausführungsform ist, daß keine speziellen Schalter oder Schaltungen erforderlich sind, um den Energiefluß zu steuern. Diese teuren und das Gewicht erhöhenden Bauteile können vollständig entfallen.

Es ist dann selbstverständlich ebenfalls möglich, eine direkte Kopplung zwischen dem Turbolader und dem Wellengenerator vorzunehmen.

Falls der Turbolader Energie abgibt, kann diese vom Wellengenerator direkt an die Kurbelwelle weitergegeben werden; der Umweg über das Bordnetz ist nicht erforderlich. In Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie kann ein Anteil der vom Turbolader erzeugten Leistung zum Laden derselben verwendet werden. Der Anteil der in den Läufer, d. h. in diesem Fall die Kurbelwelle, eingebrachten Leistung wird durch den Drehzahlunterschied zwischen Erregerfeld und Kurbelwelle festgelegt.

Falls der Turbolader angetrieben wird, kann die erforderliche elektrische Leistung direkt vom Wellengenerator erzeugt werden, wobei auch hier die Leistung durch den Drehzahlunterschied zwischen Erregerfeld und Kurbelwelle bestimmt wird. Dies führt zu einer Schonung der Batterie und des Bordnetzes.

Durch die Erregerfrequenz wird nicht nur die der Kurbelwelle entzogene/zugeführte Leistung bestimmt; es ist auch möglich, die Drehzahl des Turboladers zu bestimmen. Hierzu wird eine Dalanderschaltung verwendet, also die Möglichkeit zur Polumschaltung gegeben. Bei 64 Polen im Läufer wird die erzeugte Spannung

die 64fache Frequenz des Drehzahlunterschieds zwischen Erregerfeld und Kurbelwelle aufweisen. Der Turbolader dreht entsprechend 32 mal so schnell wie der Läufer, wenn die mechanische Übersetzung mit 1:1 angenommen wird.

Um die Drehzahl des Turboladers zu begrenzen und gleichzeitig einstellen zu können, kann die Erregerfrequenz verringert oder erhöht werden. Alternativ oder zusätzlich ist das Wechseln zu einer kleineren oder größeren Polzahl möglich.

Soll beispielsweise von 64 auf 32 Pole umgeschaltet werden (Verringerung der Drehzahl des Turboladers), so wird die Erregerfrequenz so weit verringert, bis etwa die halbe Differenz eines Polumschaltstroms erreicht ist.

In diesem Moment wird umgeschaltet und die Erregerfrequenz wieder erhöht. Die neue Erregerfrequenz muß zusammen mit der neuen Polzahl wiederum etwa dieselbe Drehzahl des Turboladers bewirken. Nach dem Umschalten wird die Erregerfrequenz etwas zurückgenommen, ggf. bis zum Stillstand, wodurch die Drehzahl des Turboladers verringert wird.

So wird ein nahtloses Umschalten erreicht, wodurch gleichzeitig die Drehzahl des Turboladers eingestellt werden kann.

Der Umschaltpunkt liegt hierbei etwa bei zwei Drittel der Netzleistung, d. h. zum Umschalten muß etwa ein Drittel der Leistung entnommen oder zugeführt werden, je nachdem, ob die Polzahl verringert oder erhöht werden soll. So wird zum Verringern der Polzahl die Erregerfrequenz um ca. ein Drittel verringert, was dazu führt, daß entsprechend mehr Leistung aus dem Läufer entzogen wird. Danach wird umgeschaltet, die Erregerfrequenz wird angeglichen und dann abgesenkt.

Die jeweils erforderliche Leistung kann hierbei je nach der Erregerfrequenz direkt aus der Kurbelwelle, der Batterie und/oder dem Turbolader entnommen werden.

Damit wird der gesamte Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors wesentlich gesteigert, denn die Turbine liefert Energie an einen Generator, welcher seine elektrische Energie wiederum zum Antrieb eines als Elektromotor betriebenen Wellengenerators liefert.

Ein weiterer wichtiger Betriebszustand der Verbrennungsmaschine, die nach dem vorliegenden Verfahren verbessert wird, ist der Bremsbetrieb (Motorbremse). In diesem Bremsbetrieb wird der Elektromotor, welcher die Welle des Turboladers antreibt, als Elektromotor angetrieben und wird hierbei in einem ersten Ausführungsbeispiel aus der Bordnetzbatterie gespeist. Der von dem Elektromotor unterstützte Lader liefert hierbei die für den motorischen Bremsbetrieb notwendige Kühlluft für den Verbrennungsmotor, um die Bremsleistung des Verbrennungsmotors deutlich zu steigern.

Der Elektromotor treibt also den Turbolader, der dann eine gegenüber der üblichen Motorbremse erhöhte Luftmenge in den Verbrennungsraum der Verbrennungsmaschine fördert. Durch diesen erhöhten Luftdurchsatz erfolgt eine Kühlung der Verbrennungsmaschine, so daß ein Überhitzen verhindert oder zumindest erschwert wird.

Im zweiten Ausführungsbeispiel, wenn also zusätzlich ein Wellengenerator verwendet wird, wird die für den Elektromotor notwendige Leistung von dem Wellengenerator erzeugt. Dadurch wird der Kurbelwelle der Verbrennungsmaschine zusätzliche mechanische Leistung entzogen, was den gesamten Bremswirkungsgrad verbessert, d. h. also was die Bremswirkung der Verbrennungsmaschine wesentlich verbessert.

Auch der Anlaßbetrieb wird mit dem erfindungsge-
mäßigen Verfahren wesentlich verbessert.

Im Gegensatz zu bekannten Lösungen wird das Ag-
gregat noch vor dem Anlassen auf einen Vordruck ge-
bracht. Die laufende Turbine sorgt im Auslaßrohr für
einen gewissen Unterdruck und der Lader im Ansaug-
rohr für einen Überdruck. Dies bewirkt eine Steigerung
der Anlaßfreudigkeit des Motors.

Zur Begrenzung des Energiebedarfs sorgt eine Zeit-
schaltung dafür, daß, falls auf das Einschalten der "Zün-
dung" in vertretbarer Zeit kein Anlassen erfolgt, das
Aggregat wieder abgeschaltet wird.

Im instationären Betrieb wird im Gegensatz zu ande-
ren Lösungen in Abhängigkeit von der Sollwertvorgabe
(Gaspedalstellung) der Lader in kürzester Zeit auf die
Drehzahl hochgefahren, bis sich der durch einen Druck-
sensor in der Ladeleitung erfaßte, für die Verbrennungs-
maschine optimale Ladedruck einstellt.

Dieser "bootstrap-Effekt" ermöglicht es, die elektri-
sche Energie nur kurz einzusetzen, so daß trotz relativ
hoher Motorleistung der Energiebedarf gering bleibt
und dem Bordnetz auch tatsächlich entnommen werden
kann.

Im stationären Betrieb wird die Elektromaschine als
dynamische Nutzbremse benutzt. Im Gegensatz zu be-
kannten Lösungen geschieht der Übergang von Antrieb
auf Bremsung durch den Asynchronmotor automatisch,
wenn zur Erhaltung des vorgegebenen Ladedrucks die
Turbinenleistung zu hoch ist.

Bei der als Anmeldegegenstand vorgeschlagenen Lö-
sung wird der Abgasturbolader durch einen auf der ge-
meinsamen Turbinen-Verdichterwelle sitzenden Elek-
tromotor/Generator ergänzt. Selbstverständlich kann
dieser Elektromotor auch an anderer Stelle angeordnet
und auf geeignete Weise mit der Welle gekoppelt sein.

Wegen der hohen Drehzahlen der Strömungsmaschi-
ne kann die Elektromaschine klein gebaut werden, da
die Größe der Maschine im wesentlichen vom erforder-
lichen Drehmoment bestimmt wird. Das vom Elektroan-
trieb aufzubringende Drehmoment bezieht sich in er-
ster Linie auf das Hochbeschleunigen des Aggregates
bei niedrigen Verbrennungsmotordrehzahlen. Bei ho-
hen Verbrennungsmotordrehzahlen übernimmt die Ab-
gasturbine die Arbeit, wie es bisher auch beim Stand der
Technik der Fall war. Es ist also nur ein relativ kleiner
Elektromotor erforderlich. Dadurch wird auch das Mas-
senträgheitsmoment des Aggregats nur in geringem
Maße erhöht, was für die Dynamik des Systems von
Vorteil ist.

Es wird eine 12-pulsige Asynchronmaschine vorge-
schlagen, deren Läufermasse nur halb so groß ist und
deren Massenträgheitsmoment nur ein Viertel konven-
tioneller Drehstrommotoren aufweist. Das Gesamttag-
gregat selbst wird gegenüber einem konventionellen
Abgasturbolader um die Länge des Elektromotors län-
ger. Der Durchmesser des Aggregats wird nicht über
die Abmessungen der Strömungshäuser vergrößert, so
daß die Anschlußabmessungen wie beim originalen Ab-
gasturbolader verbleiben können.

Da das Aggregat völlig von der Kurbelwellendreh-
zahl entkoppelt ist, kann eine äußerst flexible Steue-
rung/Regelung der Laderdrehzahl und daher des Lade-
drucks vorgenommen werden. Damit kann die Betriebs-
linie im Kennfeld optimal gestaltet werden.

Selbstverständlich ist es auch möglich, die Zusam-
mensetzung der Abgase zu messen (lambda-Sonde) und
auch diese Meßwerte in die Regelung mit einzubezie-
hen. Dies scheint gerade bei Fahrzeugen mit Katalysa-

tor interessant.

Nachfolgend werden verschiedene Zustände der Ver-
brennungsmaschine am Beispiels eines Verbrennungs-
motors näher dargestellt.

Verbrennungsmotor starten

Wenn der Verbrennungsmotor angelassen wird, wird
zunächst das Aggregat über das Bordnetz eingeschaltet.
Das Aggregat läuft dann auf ca. 40000 1/min. Bei dieser
Drehzahl ist der Leistungsbedarf des Aggregats noch
sehr gering. Die laufende Turbine sorgt im Auslaßrohr
für einen Unterdruck und der Verdichter im Ansaug-
rohr für einen Überdruck. Dadurch wird der Verbren-
nungsmotor "anlaßfreudiger".

Sobald das Aggregat diese Drehzahl erreicht hat,
wird der Anlasser eingeschaltet und der Verbrennungs-
motor gestartet. Durch das Bereitstellen von Druckluft
kann das bekannte "Weißrauchverhalten" des Dieselmotors
verbessert werden. Dadurch wird die Umwelt ent-
lastet.

Selbstverständlich ist eine Anpassung der Anlaß-
Drehzahl des Aggregats an verschiedene Umweltbedin-
gungen (Temperatur, Luftdruck, Feuchte, etc.) möglich.
Diese Anpassung geschieht durch Messung der jeweili-
gen Parameter und Miteinbeziehen dieser Meßwerte in
die Steuerung. Von einer Regelung kann nach diesseiti-
ger Auffassung nicht gesprochen werden, da die Dreh-
zahl der Verbrennungsmotors noch Null beträgt.

Instationärer Verbrennungsmotor-Betrieb

Beim instationären Verbrennungsmotorbetrieb wird
in Abhängigkeit von der Sollwertvorgabe (Gaspedal-
stellung), der Motordrehzahl und/oder des Ladedrucks
das Aggregat solange hochbeschleunigt, bis der ge-
wünschte Ladedruck erreicht ist. Die für den jeweiligen
Verdichtertyp relevante maximale Durchsatzmenge,
der maximale Ladedruck bzw. die Pumpgrenze ist im
Mikroprozessor als Datei abgelegt. Dadurch kann ver-
mieden werden, daß die Pumpgrenze überfahren wird.

Da der optimale, für die jeweilige Verbrennungsmo-
tordrehzahl zutreffende Ladedruck innerhalb ganz kur-
zer Zeit (wenige ms) angefahren werden kann, ist es
möglich, die der Luftmenge stöchiometrisch entspre-
chende Kraftstoffmenge einzuspritzen. Was bisher beim
Abgasturboladerbetrieb ein "mühsamer" iterativer Pro-
zeß war — Hochfahren des Turboladers allein durch die
Abgasmenge — wird mit dem elektrisch geregelten
Turbolader (Turbo-elektrisches Ladesystem, TEL) ein
hochdynamischer Vorgang: durch die schnelle Bereit-
stellung von genügend Luftmasse kann deutlich mehr
Kraftstoff beigemessen werden, bei gleichzeitig immer
noch optimaler Verbrennung.

Die Rußerzeugung wird deutlich geringer und damit
die Umwelt entlastet. Da es sich hier um eine Art "boot-
strap-Effekt" handelt und der Vorgang nur von kurzer
Dauer ist, ist der Bedarf an elektrischer Ladung aus dem
Bordnetz vergleichsweise gering.

Ist der Verbrennungsmotor einmal auf Drehzahl, ar-
beitet das Aggregat als Generator und liefert Ladung an
das Bordnetz zurück, wodurch die beim Hochbeschleu-
nigen entnommene Ladung wieder zurückgespeist wird.

Stationärer Verbrennungsmotor-Betrieb

Im stationären Verbrennungsmotorbetrieb ist genü-
gend Abgasenergie vorhanden, so daß die Turbine den

Verdichter alleine betreiben kann, ohne daß zusätzliche elektrische Energie eingespeist werden müßte. Ist bei den hohen Verbrennungsmotordrehzahlen ein Energieüberschuß vorhanden, kann diese nun als elektrische Ladung ins Bordnetz eingespeist werden.

Es können also Abblaseventil und Bypaßleitung entfallen, und in manchen Fällen wird eine zusätzliche Lichtmaschine überflüssig (z. B. bei Bussen), wenn das Fahrzeug mit vielen elektrischen Verbrauchern ausgestattet ist.

Verbrennungsmotor-Bremsbetrieb (Motorbremse)

Bei der Motorbremse ist die Turbinenleistung wegen des gedrosselten Abgasstroms sehr gering. Um aber die Bremsleistung erhöhen zu können, sollte ein entsprechender Ladedruck vorhanden sein, um möglichst viel Luftmasse in die Zylinder zu pressen und die dort entstehende Wärme abzuführen.

Aus Sicherheitserwägungen wird die Motorbremse in der Regel nicht bei höchster Motordrehzahl durchgeführt, sondern diese liegt bei ca. 2/3 der max. Verbrennungsmotordrehzahl. In diesem Betriebspunkt kann deshalb auch die zur Bremsleistung notwendige Verdichterdrehzahl und damit die erforderliche Antriebsleistung des Aggregats verringert werden. Gleichzeitig verbessert sich in diesem Betriebszustand der isentrope Wirkungsgrad des Verdichters.

Mit einer üblichen Starterbatterie und unter Einbeziehung der Lichtmaschinenleistung ist ein ununterbrochener Bremsbetrieb in der oben beschriebenen Weise während etwa 20 min. gewährleistet, ohne daß die Batterie erschöpft wäre. Liegt anschließend wieder stationärer Betrieb vor, so kann durch die Abgasenergierückgewinnung im Generatorbetrieb des Aggregats innerhalb von ca. 30 min. (nach 20 minütiger Dauerbremsung) der ursprüngliche Ladungszustand wieder hergestellt werden.

Ausführung des Elektromotors/Generators

Der Läufer des Elektromotors besteht aus einem vorzugsweise ölgeschmierten, wälzgelagerten oder auch gleitgelagerten Rotor, der in einem vorzugsweise wassergekühlten oder auch ölgekühlten Gehäuse untergebracht ist. Lagerung, Rotor und Rotormasse sind so aufeinander abgestimmt, daß bezüglich des Schwingungsverhaltens (Biegekritische, oil-wip) optimale Verhältnisse vorliegen.

Der Elektromotor/Generator ist als vielsträngige, mehrpolige Asynchronmaschine ausgeführt. Die Leistungs- und Steuerelektronik wird auf der Gehäuseoberfläche untergebracht, wobei die Wasser/Ölkühlung gleichzeitig den Stator, die Elektronik und die Lagerung kühlt. Außer diesem Volumen ist kein weiterer Installationsraum erforderlich.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, daß in der vorliegenden Erfindung zwei Erfindungsgegenstände beansprucht werden, die voneinander unabhängig sind.

Der eine Erfindungsgegenstand ist das erfindungsgemäße Verfahren mit der ladedruckabhängigen Regelung des Motor/Generators, der auf der Welle zwischen der Turbine und dem Verdichter angeordnet ist, wobei in den Unteransprüchen vorteilhafte Ausgestaltungen dieser Erfindungsidee geschützt sind.

Der andere Erfindungsgegenstand ist die Hinzunahme eines von der Verbrennungsmaschine angetriebenen Wellengenerators, der sowohl als Motor oder auch als

Generator betrieben werden kann und der zusätzliche Eigenschaften aufweist, die von der erstgenannten Idee unabhängig sind und die selbständig beansprucht werden.

5 Dieser Wellengenerator, der mit der Kurbelwelle der Verbrennungsmaschine gekoppelt ist, genießt auch Schutz in Kombination mit den Merkmalen der erstgenannten Erfindung.

Die Vorteile, die mit diesem neuartigen Konzept verwirklicht werden, werden nachfolgend angegeben.

Bordnetzladung

Unabhängig von den oben beschriebenen Betriebszuständen kann der Wellengenerator die jeweils erforderliche Ladung für die Bordnetzbatteie bereitstellen, wobei die Erzeugung der elektrischen Energie entweder durch die Turbine des elektrisch unterstützten Abgasturboladers oder die Kurbelwelle direkt erfolgen kann. Da der Wellengenerator für die hohe Verbrennungsmotorbremsleistung ausgelegt ist, kann er zwei Lichtmaschinen konventioneller Bauart ersetzen, auch bei niedriger Verbrennungsmotordrehzahl. Die besondere Bauart des Wellengenerators macht ihn zu einer Lademaschine mit besonders hohem Wirkungsgrad mit ca. 88% gegenüber 45% bei konventionellen Lichtmaschinen.

Maschinenausführung des elektrischen Turbocompound (ETC)

Der Wellengenerator ist als vielpulsige, mehrpolige Synchronmaschine ausgeführt. Die Leistungs- und Steuerelektronik ist in einem Hohlraum des Läufers integriert. Der Wellengenerator kann an die Stelle der Lichtmaschine oder an einem Ausgang des Räderkastens an den Motor angeschlossen werden. Eine Vorübersetzung ist damit möglich. Der Wellengenerator wird wassergekühlt.

Maschinenprinzip

Der Wellengenerator ist eine fremderregte Außenanker-Synchronmaschine, deren Statorwicklung direkt mit der Statorwicklung des elektrisch unterstützten Abgasturboladers verbunden ist. Da der elektrisch unterstützte Abgasturbolader eine Asynchronmaschine ist, wird für die Kopplung des Turboladers mit dem Wellengenerator keine Steuerelektronik benötigt. Diese Ausführungsform wird daher besonders billig.

Bei Asynchronmaschinen kann bekanntermaßen die Drehzahl durch die Frequenz der aufgebrachten Spannung und die Leistung durch deren Amplitude gestellt werden. Die Energieflußrichtung wird dadurch beeinflusst, daß man die Frequenz der Drehzahl voreilen läßt (Generatorbetrieb).

Der Wellengenerator kann nur als fremderregte Maschine betrieben werden durch sinnvolle Ausführung der auf dem Läufer aufgebrachten Dalanderschaltungen. Durch ein mit beliebiger Frequenz und Richtung auf dem Läufer umlaufendes Erregerfeld kann nun eine Statorfrequenz erzeugt werden, die die Summe oder die Differenz von mechanischer Umlauffrequenz und Läuferfrequenz multipliziert mit der Polpaarzahl bildet:

$$f_a = (f_m \pm f_1) \cdot n_{Pol}$$

Die Stärke des Erregerfeldes beeinflusst unmittelbar die Maschinenspannung, so daß die oben erwähnten Bedin-

gungen für eine Direktsteuerung der Ladermaschine gegeben sind. Das Erregerfeld der Maschine wird durch ein Vierquadrantensteller erzeugt, der in den als Hohläufer ausgebildeten Rotor eingebaut ist. Die erforderliche Energie wird über einen Luftspalttransformator am Stator (Selbsterregungspinzip) oder wenn die Leistung nicht ausreicht (im Stillstand) dem Bordnetz entnommen. Das Umschalten in den Ladebetrieb erfolgt über die Steuerung einer Knotenweiche. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, daß der Leistungssteller nicht für die gesamte, sondern für die zusätzliche elektronische Polumschaltbarkeit der Läufwicklung nur für $\frac{1}{4}$ des Leistungsumsatzes ausgelegt werden muß. Dies entspricht etwa der Ladeleistung zweier konventioneller Lichtmaschinen.

Das elektrische Turbocompound (ETC) ist eine sinnvolle Erweiterung des elektronisch unterstützen Abgasturboladers, um die im Abgas enthaltene Restenergie noch auszunützen und damit den Gesamtwirkungsgrad von Verbrennungsmotoren weiter zu steigern. Dies ermöglicht geringeren Kraftstoffverbrauch.

Der Erfindungsgegenstand der vorliegenden Erfindung ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Patentansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Patentansprüche untereinander.

Alle in den Unterlagen, einschließlich der Zusammenfassung, offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungswege darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der Erfindung hervor.

Es zeigen

Fig. 1 schematisiert gezeichnetes Blockschaltbild einer Anlage nach der Erfindung;

Fig. 2 Schnitt durch einen elektromotorisch unterstützten Turbolader nach der Erfindung;

Fig. 3 Kennlinienfeld des Verdichters, wobei auf der Ordinate das Druckverhältnis p_2/p_1 aufgetragen ist und auf der Abszisse der Massenstrom;

Fig. 4 Stirnansicht des Rotors des Elektromotors.

In **Fig. 1** weist eine Turbine 1 einen Turbineneinlaß 6 und einen Turbinenauslaß 7 auf. Sie sitzt auf einer Turbinenwelle 4, die erfindungsgemäß mit einer Verdichterwelle 5 direkt gekoppelt ist, auf welchen beiden Wellen 4, 5 der Elektromotor 3 drehfest angeordnet ist. Der Verdichter 2 wird hierbei von der Verdichterwelle 5 angetrieben.

Er weist im übrigen einen Verdichtereinlaß 8 und einen Verdichterauslaß 9 auf.

Erfindungsgemäß sind die Wellen 4,5 direkt miteinander verbunden, d. h. sie sind durchgehend und einstückig ausgebildet und wichtig hierbei ist, daß der Rotor 35 des Elektromotors 3 unmittelbar auf der Welle 4, 5 sitzt.

Es ist ferner ein Verbrennungsmotor 19 vorhanden, der von dem Verdichter 2 über den Verdichterauslaß 9 gespeist wird. Hierbei wirkt der Verdichterauslaß 9 auf den Einlaß 20 des Verbrennungsmotors 19. Der Auslaß 21 des Verbrennungsmotors 19 ist mit dem Turbineneinlaß 6 der Turbine 1 verbunden.

Wichtig ist nun, daß im Verbindungstrakt, d. h. im Bereich zwischen dem Verdichterauslaß 9 und dem Einlaß 20 des Verbrennungsmotors 19 mindestens ein Ladedrucksensor 10 angeordnet ist, welcher über eine Lei-

tung 11 mit einer Regelungselektronik 17 verbunden ist. Weitere Eingangsgrößen der Regelungselektronik sind die Motordrehzahl 12, die Gaspedalstellung 13, ein Anlassersignal 18 sowie ein Motorbremsschalter 14.

Die Regelungselektronik 17 steuert eine Leistungselektronik 16 an, welches über ein Bündel von Verbindungsleitungen 54 mit dem Elektromotor 3 verbunden ist. Über die Verbindungsleitungen 54 kann deshalb elektrische Energie in den Elektromotor 3 eingespeist werden, der damit elektromotorisch angetrieben wird. Andererseits kann der Elektromotor 3 auch als Generator betrieben werden, so daß dieser über die Verbindungsleitungen 54 elektrische Energie in die Leistungselektronik 16 einspeist.

Die Leistungselektronik 16 ist über eine Leitung 57 mit einer Batterie 15 als Energiespeicher verbunden.

Im folgenden wird der konstruktive Aufbau des elektrisch unterstützten Abgasturboladers gemäß **Fig. 2** näher erläutert.

Der Verdichter 2 weist hierbei ein Verdichterrad 22 auf, welches von einem Verdichtergehäuse 25 umgeben ist. Das Verdichterrad 22 läuft hierbei im Innenraum des Verdichtergehäuses 25 und es sind spiralförmig angeordnete Verdichterauslässe 9 dargestellt. Der Verdichtereinlaß 8 ist zentral vorne am Verdichtergehäuse 25 angeordnet.

Wichtig ist, daß die Verdichterwelle 5 werkstoffeinstückig durch den Elektromotor 3 hindurchgeführt ist und auf der anderen Seite die Turbinenwelle 4 bildet.

An der Innenseite des Verdichters 3 ist mit dem Verdichtergehäuse 25 ein Flansch 26 verbunden, der an seiner gegenüberliegenden Seite das Motorgehäuse 27 des Elektromotors 3 abdichtend aufnimmt. Die Wellen 4, 5 sind in entsprechend beabstandeten Lagern 38, die links und rechts des Elektromotors 3 angeordnet sind, aufgenommen.

Das Motorgehäuse 27 ist von axial angeordneten Kühlkanälen 28 durchzogen, und radial einwärts ist ein Ringmantel 31 angeordnet, der ebenfalls von dem Kühlmedium durchströmt wird. Es sind ferner ein Kühlmiteleinlaß 29 und ein Kühlmittelauslaß 30 vorgesehen.

Der Elektromotor 3 besteht statorseitig aus einem Statorblechpaket 32, welches in an sich bekannter Weise mit einer Vielzahl von Wicklungsköpfen 34 versehen ist, welche zugeordnete Wicklungen 33 bilden.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Elektromotor 3 als Asynchronmaschine ausgebildet und weist hierbei bevorzugt 12 Polpaare auf.

Der Rotor 35 weist hierbei Polstäbe 36 auf, die in an sich bekannter Weise stirnseitig jeweils in Kurzschlußringen 37 gefaßt sind. Gemäß **Fig. 4** weist der Rotor 35 bevorzugt 18 Polstäbe 36 auf.

Der Kühlmittelfluß von dem Kühlkanal 28 wird über einen Verbindungskanal 39 in den Kühlmantel 40 der Turbine 1 weitergeleitet.

Die Turbine 1 weist hierbei ein Turbinengehäuse 41 auf, in welchem das Turbinenrad 42 umläuft, welches drehfest mit der Turbinenwelle 4 verbunden ist.

Es sind in an sich bekannter Weise Strömungskanäle 43 vorhanden, wobei über den Turbineneinlaß 6 das Druckmedium eingespeist wird, die Strömungskanäle 43 durchläuft und auf die einzelnen Schaufeln des Turbinenrades 42 geleitet wird. Danach strömt das Medium über den Turbinenauslaß 7 in den Auspuff hinaus.

Es wird noch erwähnt, daß zwischen dem Elektromotor 3 und der Turbine 1 ein Flansch 44 angeordnet ist, der mit am Umfang verteilt angeordneten Befestigungsschrauben das Turbinengehäuse 41 mit dem Motorgehäuse 27 verbindet.

Anhand der Fig. 3 werden nun die Auswirkungen des erfindungsgemäßen Verfahrens näher beschrieben.

Auf der Ordinate ist das Druckverhältnis p_2/p_1 aufgetragen. Es ist dies die dimensionslose Darstellung des Ladedrucks des Verdichters 2, wobei der Druck p_2 der Druck im Verdichterauslaß 9 ist und der Druck p_1 der Druck im Verdichtereinlaß 8 ist.

Auf der Abszisse ist der Massenstrom oder Volumenstrom aufgetragen, was den Durchsatz durch den Verdichter 2 bedeutet.

Es ist dies eine dimensionsbehaftete Größe, die entweder in m^3/sec oder in kg/sec des Arbeitsmediums angegeben wird.

Mit der Linie 45 wird die Pumpgrenze 45 angegeben, was bedeutet, daß links von dieser Linie ein stabiler Betrieb des Verdichters nicht mehr möglich ist und rechts von der Linie gesehen der Verdichter betrieben werden sollte, wobei der ideale und angestrebte Betriebszustand nahe rechts von dieser Pumpgrenze verwirklicht werden soll.

In Form von unterschiedlich geneigten (relativ gerade ausgebildeten) Motorschlucklinien 46 ist angegeben, welchen Luftbedarf oder Schluckvolumen der Verbrennungsmotor 19 bei einem jeweils gedachten Ladedruck des Verdichters hat.

In Form von gekrümmt ausgebildeten Isodrehzahlkurven 47 wird angegeben, welcher Massenstrom bei gleichbleibender Drehzahl bei welchem Ladedruckverhältnis mit dem Verdichter 2 erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird die Streckkopplung zwischen der Drehzahl des Verbrennungsmotors und dem Turbolader aufgehoben.

Mit der Kurve 49 wird die stationäre Betriebskennlinie bezeichnet, die aussagt, daß jeder Punkt auf der stationären Betriebskennlinie 49 in einem bestimmten Beharrungszustand des Verbrennungsmotors 19 gefahren wird. Es handelt sich also um eine stabile Betriebskennlinie, auf welcher der Verbrennungsmotor unter konstanten Bedingungen gefahren wird.

Die Betriebskennlinie gibt im übrigen den Betrieb der Verbrennungsmaschine ohne Antrieb des Elektromotors wieder.

Erfindungsgemäß wird nun über die dynamische Regelung des Elektromotors eine wesentlich verbesserte Betriebskennlinie erreicht, die in Form der instationären Betriebskennlinie 48 dargestellt ist.

Der Abstand 51 zwischen der stationären Betriebskennlinie (ohne Elektromotor) und der instationären Betriebskennlinie 48 (mit Betrieb des Elektromotors) zeigt also welche Verbesserung der erfindungsgemäße Elektromotor mit dem erfindungsgemäßen neuartigen Regelverfahren erbringt. Es ist aus der Kennlinie ersichtlich, daß die dynamische oder instationäre Betriebskennlinie sehr nahe (im idealen Fall fast mit der Pumpgrenze 45 zusammenfallend) an diese Pumpgrenze 45 herangefahren wird, so daß hiermit ein praktisch nicht mehr verbesserungsfähiger Betrieb des Verbrennungsmotors gewährleistet ist.

Der Unterschied zwischen der instationären Betriebskennlinie 48 und der stationären Betriebskennlinie 49 zeigen also die Auswirkung des erfindungsgemäßen Ladeverfahrens in Verbindung mit dem Elektromotor.

Die instationäre Betriebskennlinie zeigt weiterhin, daß damit die Verbrennungsmaschine optimal betrieben werden kann, d. h. mit geringem Kraftstoffbedarf, geringer Abgasemissionen und höchstmöglicher spezifischer Leistung.

Die muschelförmigen Isowirkungsgradlinien 50 zei-

gen die verschiedenen Verdichtungswirkungsgrade bezogen auf verschiedene Betriebszustände.

Im folgenden wird beschrieben, wie durch Hinzunahme eines Wellengenerators 53 noch weitere Verbesserungen des erfindungsgemäßen Verfahrens erreicht werden können, wobei — wie vorher ausgeführt — die Hinzunahme des Wellengenerators 53 und der dazugehörenden Teile als selbständige Erfindung beansprucht wird.

Hierbei ist gemäß Fig. 1 vorgesehen, daß an der Kurbelwelle 52 des Verbrennungsmotors 19 ein Wellengenerator 53 angeschlossen ist, der in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als Synchronmaschine ausgebildet ist. Die damit verbundenen Vorteile wurden im allgemeinen Beschreibungsteil eingehend gewürdigt.

Dieser Wellengenerator 53 kann sowohl als Motor als auch als Generator betrieben werden. Er ist über Leitungsbündel 55 mit der Leitung 57 umschaltbar verbunden, wobei ein Umschalter 56 vorhanden ist.

In der ersten Stellung des Umschalters 56 verbindet dieser die Batterie 15 direkt mit der Leistungselektronik 16 über die Leitung 57. In der zweiten Stellung des Umschalters 56 wird hingegen die Batterie 15 von der Leitung 57 abgetrennt und statt dessen wird die Leitung 55 mit der Leitung 57 verbunden.

Der Wellengenerator 53 wird hierbei in verschiedenen Betriebszuständen betrieben.

Es wurden die Betriebszustände bereits schon im allgemeinen Beschreibungsteil erläutert, so daß im speziellen Beschreibungsteil nur noch kurz darauf eingegangen wird.

Man unterscheidet zwischen dem Startbetrieb des Verbrennungsmotors 19, in dem kurzzeitig aus der Batterie 15 Energie entnommen wird, um den Elektromotor 3 anzutreiben, der auf 40.000 1/min beschleunigt wird. Hierbei ist die Leitung 55 abgetrennt.

Sobald die Drehzahl des Elektromotors 3 erreicht wird, wird der Umschalter 56 betätigt, und die Leitung 55 wird mit der Leitung 57 verbunden. Der Wellengenerator 53 wird dann als Motor betrieben, d. h. über das Leitungsbündel 55 wird elektrische Energie in den Wellengenerator 53 eingespeist, der damit unterstützend die Kurbelwelle 52 des Verbrennungsmotors 19 antreibt.

Im instationären Verbrennungsmotorbetrieb arbeitet der Wellengenerator 53 als Generator und liefert über das Leitungsbündel 55, den Umschalter 56 und die Leitung 57 elektrische Energie in die Leistungselektronik 16 hinein, welche Energie aufgrund des erfindungsgemäßen Regelverfahrens den Elektromotor 3 antreibt.

Im stationären Verbrennungsmotorbetrieb liefert die Turbine 1 eine Überschubleistung, die somit den Elektromotor 3 als Generator antreibt, welche über das Leitungsbündel 54 elektrische Energie in den Leistungssteller 16 hineinliefert. Der Strom des als Generator betriebenen Elektromotors 3 kann zur Aufladung der Batterie 15 verwendet werden, wenn der Umschalter 56 entsprechend geschaltet ist.

Wahlweise kann der Umschalter 56 umgeschaltet werden, wonach dann die Leitung 57 mit der Leitung 55 verbunden wird und die elektrische Energie in den als motorbetriebenen Wellengenerator 53 geschickt wird, der somit die Kurbelwelle 52 zusätzlich drehend antreibt.

Im Bremsbetrieb des Verbrennungsmotors 19 muß genügend Spülluft über den Kanal 9,20 durch den Motor 19 geschickt werden, damit der Verbrennungsmotor 19 nicht überhitzt wird. Hierbei wird der Elektromotor 3

als Motor betrieben, wobei er seine Leistung von dem Wellengenerator 53 bezieht, der als Generator über die Leitung 55 und der Leitung 57 elektrische Energie in den Elektromotor 3 einspeist. Seinerseits entfaltet damit der Wellengenerator 53 eine bremsende Wirkung auf die Kurbelwelle 52, welches somit den Bremsbetrieb des Verbrennungsmotors 19 unterstützt.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dessen einzelnen Modifikationen wird also ein wesentlich verbesserter Betrieb einer Verbrennungsmaschine dargestellt und es werden Vorteile erreicht, wie sie bisher nicht bekannt waren.

Bezugszeichenliste

1	Turbine	
2	Verdichter	
3	Elektromotor	
4	Turbinenwelle	
5	Verdichterwelle	
6	Turbineneinlaß	
7	Turbinenauslaß	
8	Verdichtereinlaß	
9	Verdichterauslaß	
10	Ladedrucksensor	
11	Leitung	
12	Motordrehzahl	
13	Gaspedalstellung	
14	Motorbremsschalter	
15	Batterie	
16	Leistungselektronik	
17	Regelungselektronik	
18	Anlassersignal	
19	Verbrennungsmotor	
20	Einlaß	
21	Auslaß	
22	Verdichterrad	
25	Verdichtergehäuse	
26	Flansch	
27	Motorgehäuse	
28	Kühlkanal	
29	Kühlmitteleinlaß	
30	Kühlmittelauslaß	
31	Ringmantel	
32	Statorblechpaket	
33	Wicklung	
34	Wicklungskopf	
35	Rotor	
36	Polstab	
37	Kurzschlußbringe	
38	Lager	
39	Verbindungskanal	
40	Kühlmantel	
41	Turbinengehäuse	
42	Turbinenrad	
43	Strömungskanal	
44	Flansch	
45	Pumpgrenze	
46	Motorschlucklinien	
47	Isodrehzahllinien	
48	Instationäre Betriebslinie	
49	Stationäre Betriebslinie	
50	Isowirkungsgradlinien	
51	Abstand	
52	Kurbelwelle	
53	Wellengenerator	
54	Verbindungsleitungen	
55	Leitungsbündel	

56 Umschalter
57 Leitung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines elektrisch unterstützten Turboladers für eine Verbrennungsmaschine unter Verwendung eines Elektromotors, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb des Elektromotors (3) in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Eingangsgrößen für die Regelung der Ladedruck des Verdichters (2) des Turboladers, die Drehzahl des Verbrennungsmotors (19), die Gaspedalstellung (13), ein Motorbremssignal eines Schalters (14), ein Anlassersignal (18), die Zusammensetzung der Abgase und/oder verschiedene Umweltparameter mit einbezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ladedruck im Verbindungsstrakt zwischen dem Verdichter (2) und dem Einlaßstrakt der Verbrennungsmaschine (19) gemessen wird, der Meßwert einer Regelung (16, 17) zum Vergleich mit vorgegebenen Kennlinien (45, 46) zugeführt und der Elektromotor (3) entsprechend dieser Kennlinien (45, 46) beaufschlagt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (3) in bestimmten Drehzahlbereichen als Generator zum Rückspeisen elektrischer Energie eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die vom Elektromotor (3) erzeugte Energie einem weiteren Motor-Generator-Aggregat (53) zugeführt wird, das auf die Kurbelwelle (52) des Verbrennungsmotors (19) wirkt, oder in das Bordnetz eingespeist wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß beim Bremsbetrieb des Verbrennungsmotors (19) die zum Antrieb des Elektromotors (3) erforderliche Energie von dem zweiten Motor-Generator-Aggregat (53) erzeugt und dadurch der Verbrennungsmotor (19) weiter gebremst wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—6, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Einschalten der Zündung des Verbrennungsmotors (19) und vor dem Anlassen der Turbolader von dem Elektromotor (3) auf Touren gebracht wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abschalten des Elektromotors (3) erfolgt, falls innerhalb eines bestimmten Zeitraums nach Einschalten der Zündung der Verbrennungsmotor (19) nicht angelassen wird.
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1—8, mit einem mit der Welle des Turboladers gekoppelten Elektromotor, dadurch gekennzeichnet, daß ein Sensor (10) im Verbindungsstrakt zwischen dem Auslaß (9) des Verdichters (2) und dem Einlaß (20) des Verbrennungsmotors (19) zur Erfassung des Ladedrucks des Verdichters (2) des Turboladers vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein zweites Motor-Generator-Aggregat (53) vorgesehen ist, das mit der Kurbelwelle (52) des Verbrennungsmotors (19) gekoppelt und mit dem Elektromotor (3) elektrisch verbunden ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch

gekennzeichnet, daß eine Elektronik vorgesehen ist, in der die zur Regelung des Elektromotors (3) erforderlichen Kennlinien (45,46) gespeichert sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9—11, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (3) 5 als Asynchronmaschine und das weitere Motor-Generator-Aggregat (53) als Wellengenerator ausgebildet sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

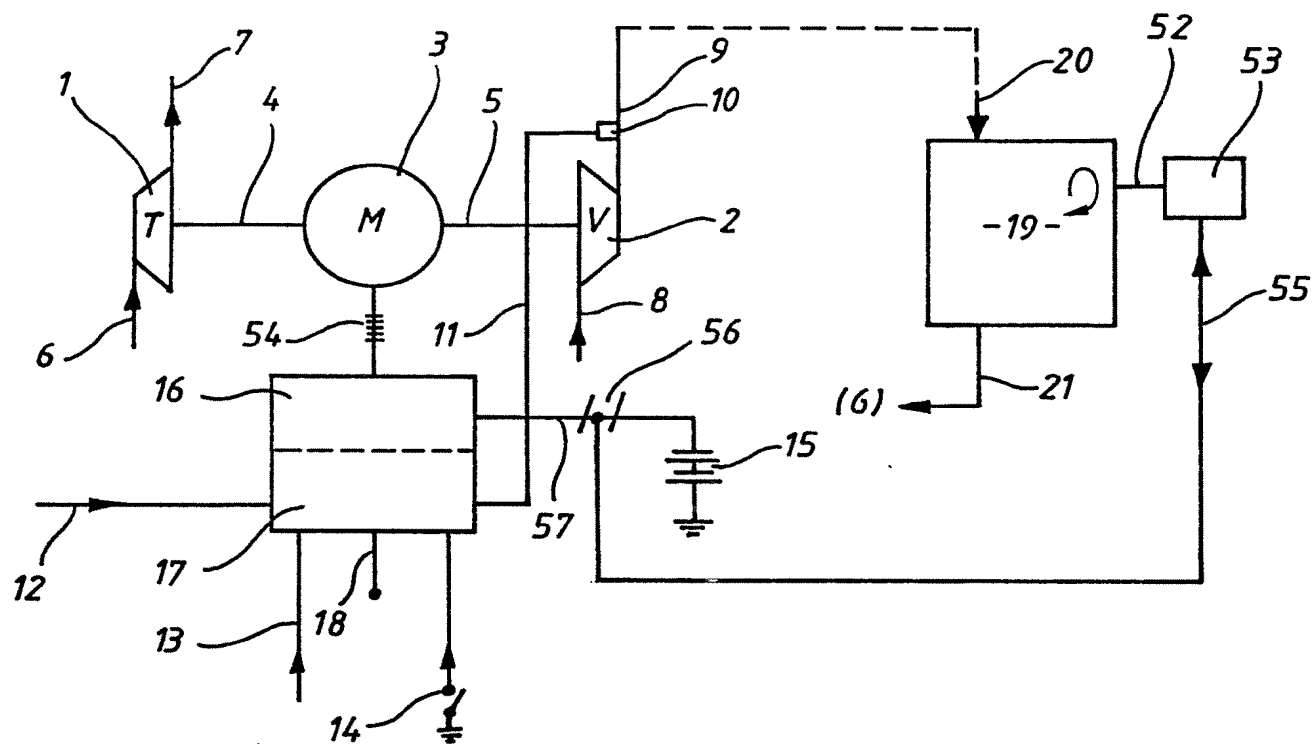
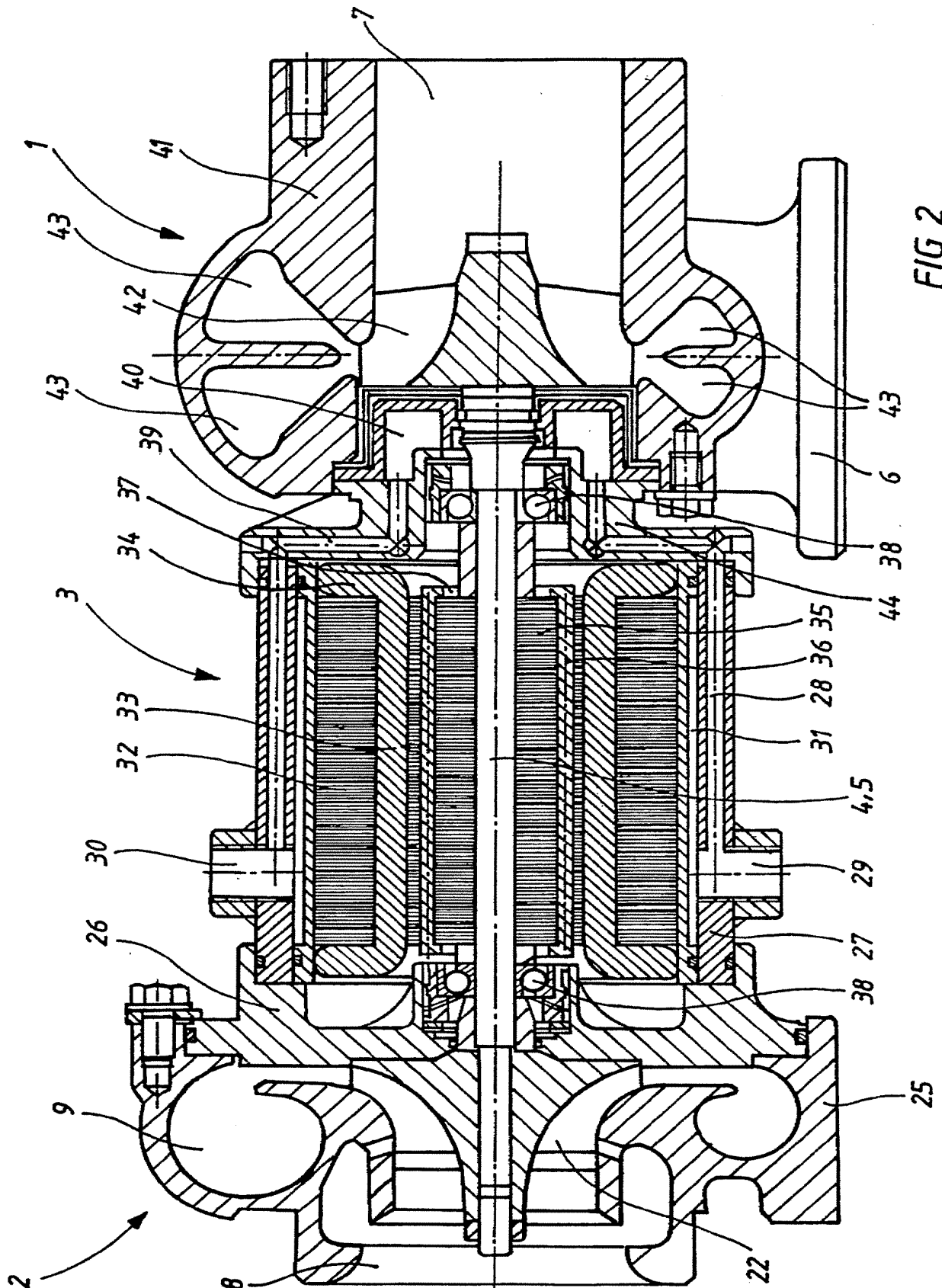
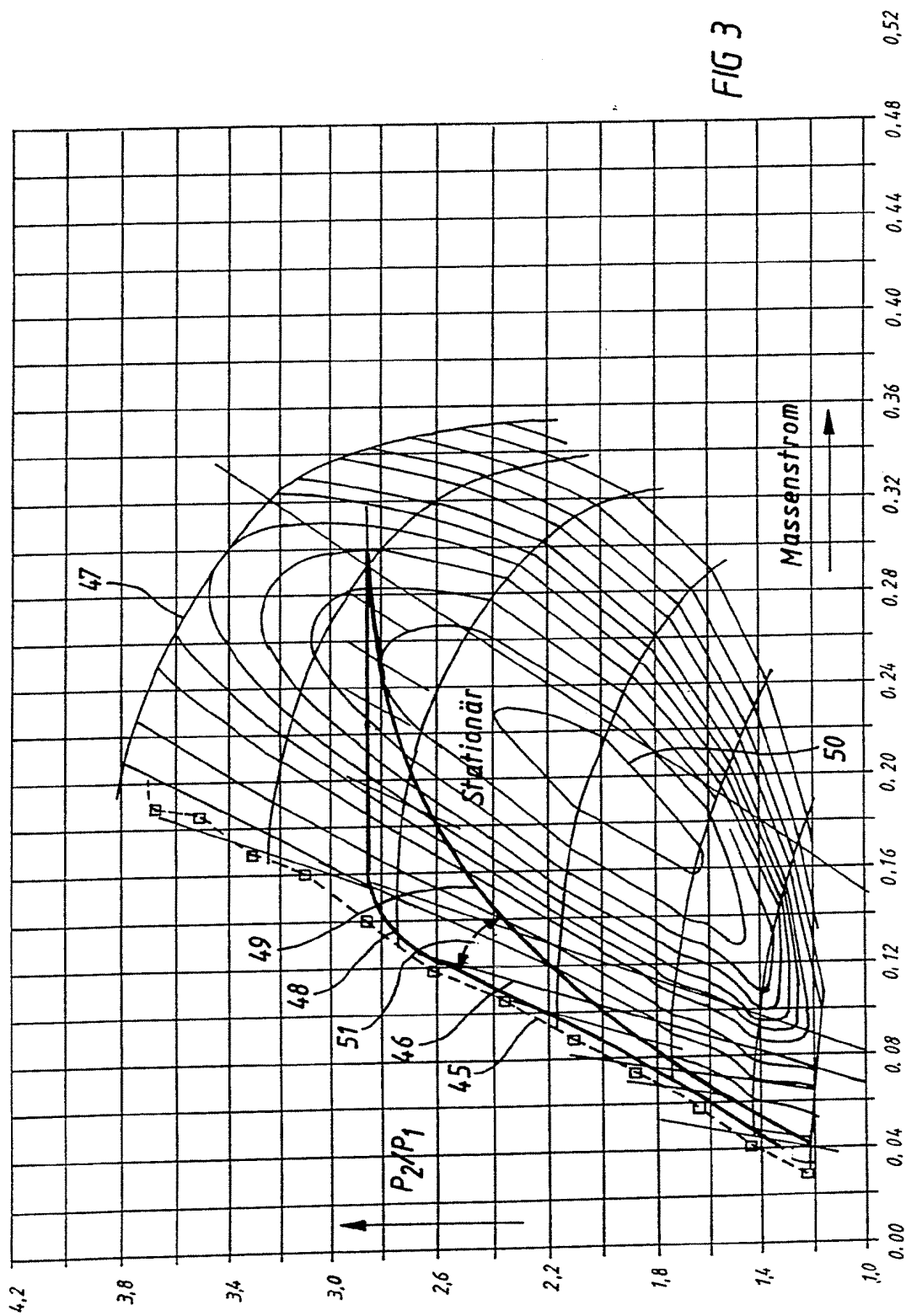


FIG 1





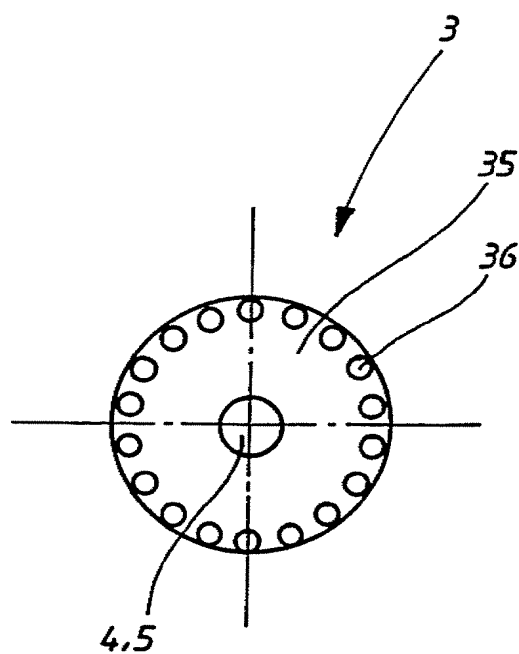


FIG 4